

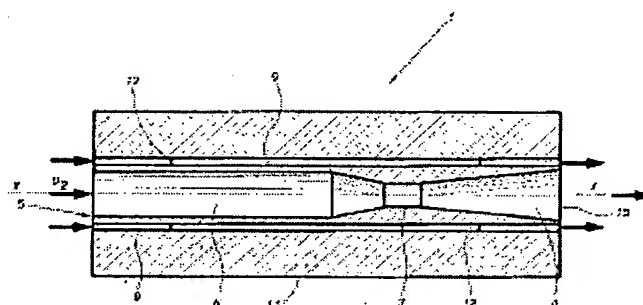
Electric arc furnace supersonic gas injection process, especially for oxygen injection into a steel-making arc furnace, uses a surrounding gas jet to protect the supersonic gas jet against the ambient atmosphere

Patent number: FR2797738
Publication date: 2001-02-23
Inventor: FLICHY SEBASTIEN; MELEN STEPHANE; LAURENT JACKY
Applicant: AIR LIQUIDE (FR)
Classification:
- international: **C21C5/46; C21C5/52; C21C5/00; C21C5/46; (IPC1-7): H05B7/02; C21C5/52; C22B9/21**
- european: **C21C5/46B; C21C5/52B2**
Application number: FR19990010602 19990818
Priority number(s): FR19990010602 19990818

Report a data error here

Abstract of FR2797738

Supersonic gas injection into an electric arc furnace involves using a surrounding gas jet to protect the supersonic gas jet against the ambient atmosphere. An independent claim is also included for an electric arc furnace for carrying out the above process, the furnace having an oxygen injector (1) positioned with its lower end 0.5-1.5 m above a bath surface and with an injection angle of 15-60 deg between its longitudinal axis (XX) and the vertical. Preferred Features: The supersonic gas jet consists of oxygen, argon, nitrogen, carbon dioxide, air, combustion gases or steam and the protective gas jet consists of preheated oxygen or air or recycled furnace gases.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 797 738

②1 N° d'enregistrement national : 99 10602

⑤1 Int Cl⁷ : H 05 B 7/02, C 21 C 5/52, C 22 B 9/21

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 18.08.99.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 23.02.01 Bulletin 01/08.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉ-
DES GEORGES CLAUDE — FR.

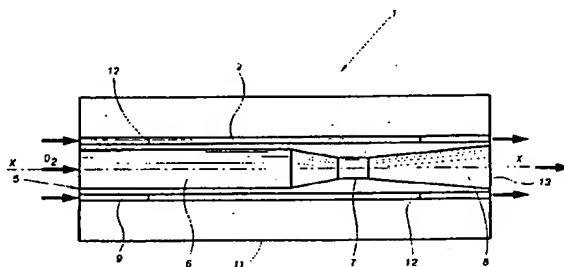
⑦2 Inventeur(s) : FLICHY SEBASTIEN, MELEN STE-
PHANE et LAURENT JACKY.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) :

⑤4 PROCÉDE D'INJECTION D'UN GAZ SUPERSONIQUE DANS UN FOUR A ARC ELECTRIQUE ET FOUR A ARC
POUR LA MISE EN OEUVRE DE CE PROCÉDE.

⑤7 Selon ce procédé on entoure le jet de gaz supersonique central par un jet gazeux coaxial chaud de protection contre l'atmosphère environnante du jet supersonique issu de la tuyère de l'injecteur (1), le jet coaxial ayant une température supérieure à celle du jet central. Le four à arc électrique est équipé d'au moins un injecteur (1) de gaz supersonique comportant une tuyère centrale (5) entourée par une série de canaux périphériques (9) ou d'un canal annulaire unique (9) coaxial, dans lesquels peut être injecté un gaz chaud formant à la sortie de l'injecteur (1) un jet coaxial au jet supersonique central. L'invention permet de protéger le jet supersonique central de l'atmosphère environnante et ainsi de le rendre plus pénétrant dans le bain de métal liquide et dans le laitier. En même temps, le gaz périphérique participe aux réactions de postcombustion des gaz au dessus du bain et constitue donc une source d'énergie supplémentaire pour le four à arc électrique.



FR 2 797 738 - A1



La présente invention a pour objet un procédé d'injection d'un gaz à haute vitesse, notamment supersonique, dans un four à arc électrique pour la fusion et l'affinage d'un bain de métal liquide, au moyen d'une tuyère disposée au-dessus du bain.

5 On sait que l'utilisation de lances à oxygène supersonique au four à arc électrique est bien connue de l'homme du métier. Dans les technologies de fabrication de l'acier au four à arc électrique, on réalise la fusion de ferrailles par établissement notamment d'un arc électrique entre les électrodes du four et le métal, de manière à apporter de l'énergie et à fondre le
10 métal et le maintenir en fusion. En utilisant des lances à oxygène supersonique, on apporte au bain de métal liquide l'oxygène nécessaire pour réaliser la décarburation et, en couplant cette injection avec celle de carbone, on apporte au laitier l'oxygène nécessaire pour faire du laitier moussant.

15 L'utilisation d'injecteurs supersoniques d'oxygène au four à arc électrique se pratique depuis un certain nombre d'années.

Cette injection peut être réalisée à l'aide de lances de porte, refroidies à l'eau ou non refroidies. Dans ce cas la lance doit être montée sur une partie mobile, ce qui entraîne une maintenance élevée. De plus, la porte du four doit rester ouverte, favorisant ainsi les entrées d'air, ce qui diminue le
20 rendement thermique du four. Par ailleurs l'oxygène ne peut alors être réparti de façon uniforme dans le bain et le laitier, car il est injecté uniquement par la porte. Ceci est néfaste à l'obtention de temps plus courts d'élaboration de l'acier.

25 Cette injection peut aussi être réalisée à l'aide d'un injecteur en paroi. Il faut alors disposer d'un injecteur capable de supporter des charges thermiques élevées. Par ailleurs, il faut être sûr que l'oxygène puisse atteindre le bain et le pénétrer.

30 Il est connu, notamment de US-A-4622007, US-A-4642047, EP-A-866138, EP-A-866139 et EP-A-866140 des systèmes d'injection de gaz, notamment supersoniques, entourés d'une flamme autour du jet central. La flamme aurait pour avantage de protéger le jet des interactions avec l'atmosphère environnante, et par là de rendre le jet plus pénétrant dans le métal, afin que l'oxygène injecté réagisse avec les éléments dissous dans le métal ou le métal lui même.

35 La flamme est aussi considérée comme faisant baisser la densité de l'atmosphère dans laquelle passe le jet supersonique. Mais un inconvénient de cette flamme réside dans le fait qu'elle peut venir perturber l'écoulement à

haute vitesse, notamment supersonique, notamment à l'endroit où cette flamme s'accroche.

En tout cas, la force de pénétration du jet de gaz supersonique, de l'oxygène dans le cas d'un four métallurgique à arc électrique pour l'élaboration de l'acier, doit être suffisante pour lui permettre de réagir avec le métal et les éléments dissous dans le bain de métal liquide et le laitier.

Conformément au procédé visé par l'invention, on entoure le jet de gaz à haute vitesse, notamment supersonique, par un jet gazeux coaxial de protection du jet supersonique issu de la tuyère contre l'atmosphère environnante.

Lorsque les vitesses et les débits de ces deux jets gazeux sont convenablement choisis relativement l'un à l'autre, on obtient des résultats particulièrement satisfaisants.

Suivant un mode de réalisation du procédé visé par l'invention, le jet gazeux à haute vitesse, notamment supersonique, et le jet gazeux coaxial sont injectés à des vitesses telles que la différence entre les vitesses du jet supersonique et du jet coaxial, et la différence entre les vitesses du jet coaxial et de l'atmosphère environnante, sont du même ordre, et le rapport entre ces différences est compris entre 0,7 et 1,3 environ.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, le jet coaxial a une température supérieure à celle du jet central, cette température du jet coaxial étant par exemple supérieure à 500° C.

Le gaz à haute vitesse, notamment supersonique, est l'un du groupe suivant : oxygène, argon, azote, gaz carbonique, air, fumées de combustion, vapeur d'eau.

Par gaz à haute vitesse, on entend en général un gaz dont la vitesse initiale à la sortie de la tuyère est d'au moins environ 300 m/s.

Ce procédé est particulièrement applicable dans un four métallurgique à arc de production d'acier, dans lequel le gaz à vitesse supersonique est de l'oxygène, injecté dans le bain de métal liquide, de préférence pendant la phase d'affinage.

Le four électrique à arc pour la mise en œuvre de ce procédé de production d'acier est du type comprenant au moins un injecteur d'oxygène ayant un axe longitudinal et une extrémité inférieure.

Suivant l'invention, ce four électrique à arc est caractérisé en ce que l'injecteur est disposé au-dessus du niveau de la surface du bain de façon que son extrémité inférieure soit placée au-dessus dudit niveau à une hauteur

comprise entre environ 0,5 et 1,5m, et avec entre son axe longitudinal et la verticale, un angle d'injection compris entre environ 15° et 60°.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés qui en illustrent une forme de réalisation à titre d'exemple non limitatif.

La figure 1 est une vue en coupe longitudinale schématique d'un injecteur de gaz supersonique agencé conformément à l'invention pour être disposé dans un four à arc électrique.

La figure 2 est une vue en élévation schématique d'un four métallurgique à arc électrique équipé d'un injecteur de gaz supersonique et d'un gaz de protection coaxial au gaz supersonique conformément à l'invention.

La figure 3 est une vue de dessus schématique du four métallurgique de la figure 2 ;

La figure 4 est un diagramme illustrant une séquence de mise en œuvre de l'injecteur, le diagramme supérieur montrant la variation du débit de l'oxygène supersonique en fonction du temps pendant les phases de fusion et d'affinage, et le diagramme inférieur montrant la variation du débit de l'oxygène coaxial de protection en fonction du temps pendant les phases de fusion et d'affinage.

La figure 5 est une vue de dessus schématique de l'extrémité de l'injecteur de gaz supersonique et de gaz coaxial de protection ainsi que de son système de refroidissement.

Avant de décrire un mode de réalisation du procédé et du four métallurgique selon l'invention en référence aux dessins, il est utile d'explicitier un certain nombre de considérations préalables.

L'oxygène est injecté à une vitesse supersonique dans le bain de métal liquide et dans le laitier grâce à un injecteur situé à une certaine distance au dessus du bain. Le jet d'oxygène supersonique est généré par une tuyère dite de Laval dont les dimensions ont été déterminées en fonction des conditions d'utilisation de la tuyère. Ainsi pour dimensionner cette tuyère, le débit désiré et la vitesse de sortie du jet sont pris en compte.

La forme de la tuyère est telle qu'elle génère un jet supersonique qui s'ouvre très peu par rapport à une tuyère classique. Cette tuyère permet ainsi de réduire l'angle de demi-ouverture du jet au moins de moitié.

L'utilisation de l'injecteur en mode supersonique est nécessaire en phase d'affinage. Elle peut même commencer au milieu de la période de fusion de la charge. Sur des fours utilisant des chargements à base de AIS (Alternative Iron Sources) le mode supersonique peut être utilisé pendant la
5 totalité de la coulée.

Pour augmenter la pénétrabilité d'un jet supersonique, il faut éviter que le jet ne s'ouvre : moins le jet s'ouvre, plus il conserve son énergie cinétique. Il faut donc tenter de diminuer les frottements qu'il subit au niveau de sa couche limite. Or, la principale cause de l'ouverture d'un jet
10 supersonique vient des frottements entre le jet supersonique et l'atmosphère dans laquelle il pénètre. On peut considérer que cette atmosphère est quasi-statique en raison de la vitesse très faible de sa couche en contact celle du jet coaxial par rapport à la vitesse de ce dernier. Ces frottements engendrent des structures cohérentes convectées à des vitesses supersoniques : les ondes
15 de Mach. Ces ondes sont une des origines du bruit des avions à réaction supersoniques. Une des façons d'atténuer ces frottements est de créer un écoulement externe au jet supersonique et coaxial de telle sorte que :

- la différence des vitesses entre le jet supersonique et le jet coaxial soit si possible subsonique,

- la différence des vitesses entre le jet coaxial et l'atmosphère environnante soit si possible subsonique.

De cette manière, on élimine les ondes de Mach, ce qui diminue le bruit du jet supersonique. Or le bruit participe au mélange entre le jet supersonique et son environnement. On peut donc ainsi faire en sorte que le
25 jet ne s'ouvre que peu et garde son énergie cinétique sur une grande distance.

Conformément à l'invention il est proposé de réaliser le jet coaxial au moyen d'un gaz chaud de densité plus faible que celle du jet central, de l'oxygène par exemple.

La tendance actuelle étant d'augmenter les consommations d'oxygène au four à arc électrique, le choix du gaz pour l'écoulement coaxial autour du jet supersonique dans le cas du four à arc électrique se tourne vers un gaz oxygéné, voire de l'oxygène pur.

Un second jet d'oxygène entourant le jet supersonique central, s'il est à une température supérieure à celle du jet central, permet de protéger celui-ci et de le rendre plus pénétrant. Cet autre jet a pour but de limiter les
35 frottements entre le jet central et l'atmosphère environnante, qui favorisent

l'ouverture du jet. La vitesse de ce jet doit être telle qu'elle rende le plus faible possible le nombre de Mach convectif entre les deux jets.

Par ailleurs cet oxygène périphérique, ayant une force de pénétration plus faible, ne va pas pénétrer dans le bain ou le laitier. Par contre il peut participer aux réactions de postcombustion des gaz au dessus du bain (CO ou H₂). Il constitue donc une source d'énergie supplémentaire pour le four à arc électrique.

Pendant les périodes de fusion du métal, l'injecteur peut fournir de l'oxygène pour la post-combustion. Cet oxygène est délivré à des vitesses subsoniques par les deux orifices à l'origine des deux jets, conformément aux prescriptions de la demande de brevet internationale WO 97/00413 au nom de AIR LIQUIDE.

On peut par ailleurs remplacer le jet périphérique d'oxygène chaud par un autre jet gazeux chaud comme de l'air chaud. On peut aussi envisager un système de recyclage des fumées du four permettant de générer ce jet chaud à l'aide des fumées du four.

La figure 1 illustre schématiquement un injecteur 1 de gaz supersonique, notamment de l'oxygène, destiné à équiper un four électrique à arc 2 (figure 2) équipé d'électrodes 3 disposées au dessus d'un bain 4 de métal liquide.

L'injecteur 1 comprend un tube central 5 formant une tuyère de LAVAL, s'étendant suivant un axe longitudinal XX de l'injecteur. La tuyère centrale 5 présente une entrée 6, un col sonique 7 et un divergent 8. Lors du passage du gaz dans cette tuyère 5, à savoir par exemple de l'oxygène, la vitesse de ce gaz devient sonique au col 7 puis supersonique dans le divergent 8. La pression au col est égale à 0.5283 fois la pression en amont.

Autour de la tuyère centrale 5 sont répartis uniformément et à intervalles réguliers une série de canaux longitudinaux 9 de petit diamètre par rapport à celui de la tuyère centrale 5.

En variante ces différents canaux 9 peuvent être remplacés par un canal annulaire continu unique concentrique à la tuyère 5 et à l'axe longitudinal XX. Dans ce cas la tuyère centrale 5 peut être fixée en place de manière adéquate par rapport au corps environnant 11 de l'injecteur 1 par des moyens appropriés, tels que par exemple de petites cales 12 d'écartement, disposées à différents endroits appropriés dans le canal annulaire afin de maintenir la tuyère 5 dans la position correcte.

Le gaz qui alimente le jet coaxial au jet sortant par le divergent 8 est introduit par le ou les canaux concentriques 9. A la sortie 13 de l'injecteur 1, le jet de gaz coaxial protège le jet de gaz supersonique de l'atmosphère environnante.

5 Au moins un injecteur 1 est disposé au niveau des panneaux refroidis du four 2, au dessus du niveau de la surface du bain 4 de façon que son extrémité inférieure 1a soit placée au dessus dudit niveau à une hauteur H comprise entre environ 0,5 et 1,5 m. En outre, l'injecteur 1 est incliné sur la verticale de façon à former, entre son axe longitudinal XX et la verticale, un
10 angle A d'injection compris entre environ 15° et 60°.

Vu de dessus (figure 3) l'injecteur 1 est implanté de manière que son axe longitudinal XX ne soit pas nécessairement radial par rapport à un diamètre D du four circulaire 2 passant par la sortie 13 de la tuyère 5 sur l'axe XX. Son axe longitudinal XX peut donc délimiter un angle B avec le diamètre D
15 du four. Cet angle B peut varier entre 0 et 30 degrés environ.

L'injecteur 1 est relié à un conduit 14 d'alimentation en gaz supersonique (figure 5) ainsi qu'à un conduit 15 d'alimentation en gaz chaud concentrique, et complémentirement équipé d'un système de refroidissement 16. Ce dernier comporte, de manière connue en soi, une bouillotte 17 munie
20 d'une entrée d'eau de refroidissement 18 et d'une sortie d'eau 19. A la bouillotte 17 est associé un corps 21 de refroidissement des deux alimentations 14, 15 en gaz, ce corps 21 étant équipé d'une entrée d'eau 22 et d'une sortie d'eau 23 pour le refroidissement des conduits d'alimentation de gaz 14, 15 et d'un brûleur non représenté.

25 Les diagrammes de la figure 4 illustrent les séquences d'injection d'un jet central d'oxygène supersonique dans un four à arc électrique (diagramme supérieur E1), et la séquence correspondante d'injection d'oxygène chaud formant le jet coaxial (diagramme inférieur E2).

30 Chaque diagramme E1, E2 montre la variation du débit d'oxygène en Nm³/h en fonction du temps T durant les phases de fusion F puis d'affinage AF.

Lors de la période de fusion, l'injecteur 1 est en mode veille. Lorsqu'on passe en période d'affinage AF, le jet central devient supersonique et est protégé par un jet coaxial de température plus élevée que le jet central.

35 Exemple numérique d'utilisation :

A = 30° et B = 0

En dehors des périodes d'affinage, l'injecteur 1 a des débits gazeux correspondant aux débits de veille. Ces débits sont les suivants :

- O₂ central : 50 Nm³/h
- O₂ périphérique coaxial : 100Nm³/h.

5 Dès que ses alentours ont été dégagés, l'injecteur 1 peut être utilisé en mode d'injection d'oxygène supersonique, et ce jusqu'à la fin de la période d'affinage AF. Les débits respectifs sont les suivants :

- O₂ central : 1000 Nm³/h
- O₂ périphérique : 200 Nm³/h

10 Une fois la coulée terminée, l'injecteur se retrouve en débit de veille. La température du gaz chaud périphérique se situe aux alentours de 800°C.

15 Le jet gazeux supersonique et le jet gazeux coaxial sont injectés à des vitesses telles que la différence entre les vitesses du jet supersonique et du jet coaxial, et la différence entre les vitesses du jet coaxial et de l'atmosphère environnante, qui est très faible, sont du même ordre, et que le rapport entre ces différences soit compris entre 0,7 et 1,3 environ.

20 Le jet coaxial possède une température supérieure à celle du jet central, cette température du jet coaxial étant par exemple supérieure à 500°C.

Le gaz supersonique pouvant être l'un quelconque du groupe précité, la vitesse du jet de gaz supersonique est comprise entre 1,5 et 2,5 Mach environ, tandis que la vitesse du jet coaxial est comprise entre 150m/s et Mach 1 environ.

25 Le jet de gaz supersonique a un débit compris entre environ 50 et 2500 Nm³/h, préférentiellement entre 800 et 1500 Nm³/h.

Suivant une autre caractéristique du procédé visé par l'invention, la vitesse d'injection du gaz supersonique peut être comprise entre 300 et 1000m/s environ, préférentiellement entre 450 et 750m/s. Le gaz coaxial 30 chaud peut être soit de l'oxygène préchauffé, soit de l'air préchauffé, soit des fumées de four recyclées.

L'invention est applicable à divers types de fours métallurgiques, en particulier un four à arc électrique pour la production d'acier comme exposé ci-dessus.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'injection d'un gaz supersonique dans un four à arc électrique (2) pour la fusion et l'affinage d'un bain de métal liquide, au moyen d'une tuyère (5) disposée au-dessus du bain, caractérisé en ce qu'on entoure le jet de gaz supersonique (J) par un jet gazeux coaxial de protection du jet supersonique (J) issu de la tuyère (5) contre l'atmosphère environnante

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le jet gazeux supersonique (J) et le jet gazeux coaxial sont injectés à des vitesses telles que la différence entre les vitesses du jet supersonique et du jet coaxial, et la différence entre la vitesse du jet coaxial, et celle de l'atmosphère environnante, sont du même ordre et le rapport entre ces différences est compris entre 0,7 et 1,3.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le jet coaxial a une température supérieure à celle du jet central (J) cette température du jet coaxial étant par exemple supérieure à 500°C.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le jet (J) de gaz supersonique est l'un du groupe suivant : oxygène, argon, azote, gaz carbonique, air, fumées de combustion, vapeur d'eau.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la vitesse du jet de gaz supersonique (J) est comprise entre 1,5 et 2,5 Mach environ, tandis que la vitesse du jet coaxial est comprise entre 150m/s et Mach 1 environ.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le jet de gaz supersonique (J) a un débit compris entre environ 50 et 2500 Nm³/h, préférentiellement entre 800 et 1500 Nm³/h.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 et 6, caractérisé en ce que la vitesse d'injection du gaz supersonique (J) est comprise entre 300 et 1000m/s environ, préférentiellement entre 450 et 750 m/s.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le gaz coaxial chaud est soit de l'oxygène préchauffé, soit de l'air préchauffé, soit des fumées de four recyclées.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le gaz à vitesse supersonique (J) est de l'oxygène, injecté dans le bain de métal liquide, de préférence pendant la phase d'affinage.

10. Four électrique à arc (2) pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il est muni d'au moins un injecteur (1) d'oxygène ayant un axe longitudinal (XX) et une extrémité

inférieure (1a), caractérisé en ce que cet injecteur est disposé au-dessus du niveau de la surface du bain (4) de façon que son extrémité inférieure soit placée au-dessus dudit niveau à une hauteur (H) comprise entre environ 0,5 et 1,5 mètres, et avec, entre son axe longitudinal (XX) et la verticale, un angle (A) d'injection compris entre environ 15 degrés et 60 degrés.

11. Four selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'injecteur (1) comporte un conduit (5) d'injection d'oxygène coaxial à l'axe longitudinal (XX) de l'injecteur afin de former le jet gazeux central (J), et des moyens pour injecter un gaz autour du jet central supersonique afin de former le jet gazeux coaxial.

12. Four selon la revendication 11, caractérisé en ce que lesdits moyens pour injecter un gaz autour du jet central (J) comprennent, soit une série de canaux (9) disposés dans l'injecteur (1) concentriquement au conduit central (5) d'injection, soit un canal annulaire unique concentrique audit conduit central et débouchant autour de la sortie (13) de ce dernier.

13. Four selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que dans un plan horizontal l'injecteur (1) de gaz est incliné sur un diamètre (D) du four (2), d'un angle (B) compris entre zéro et 30 degrés environ.

1/5

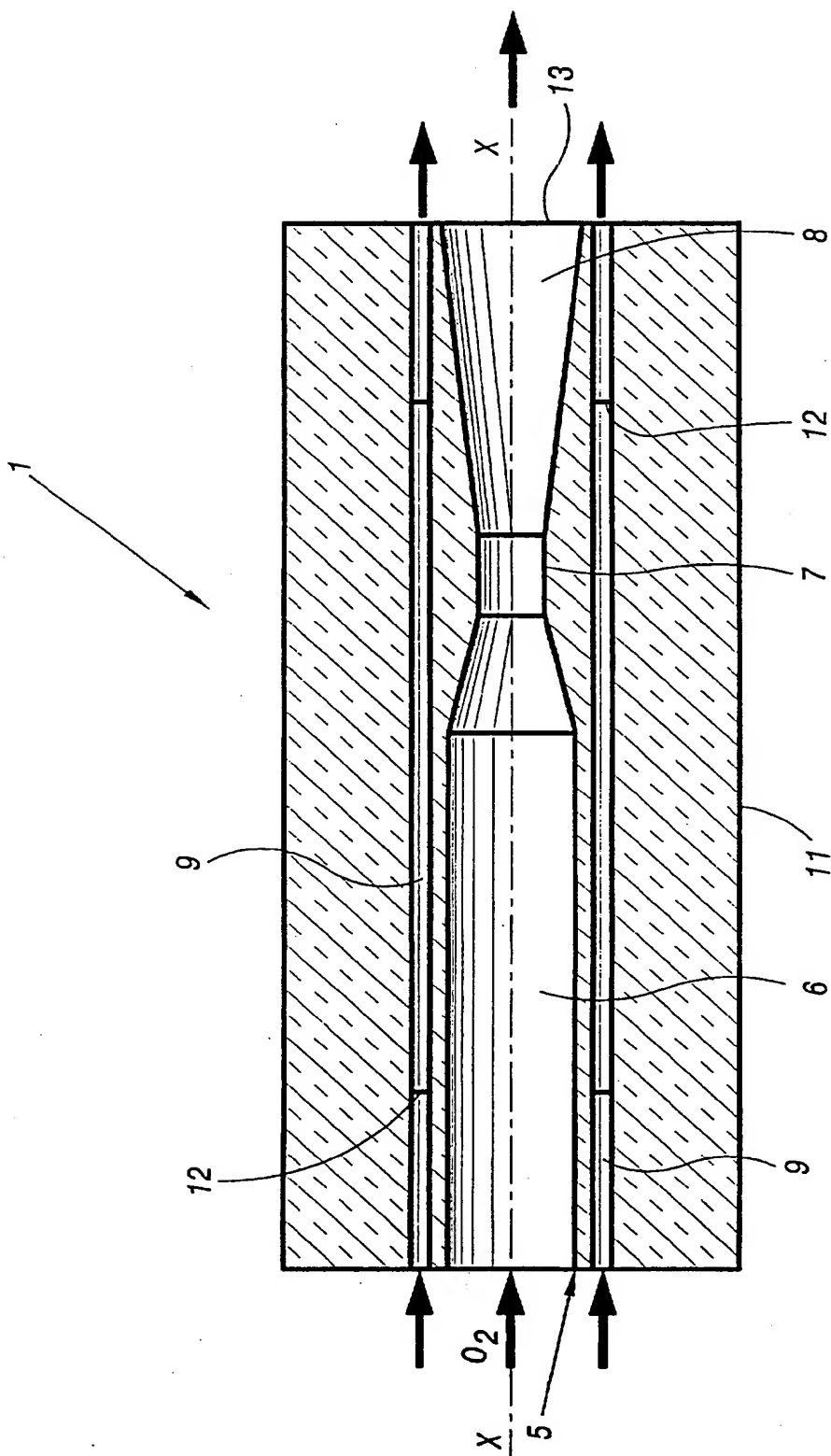
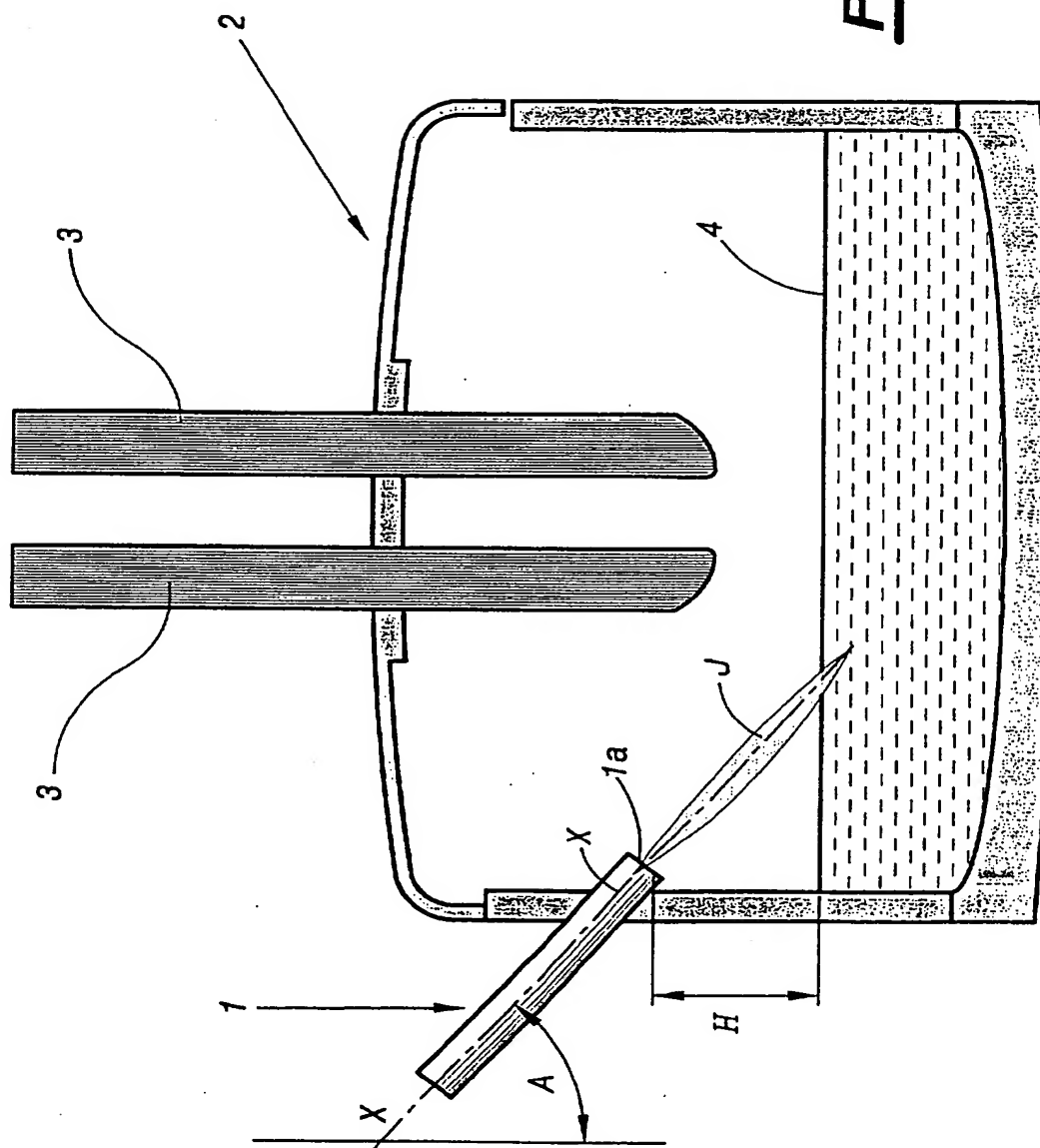
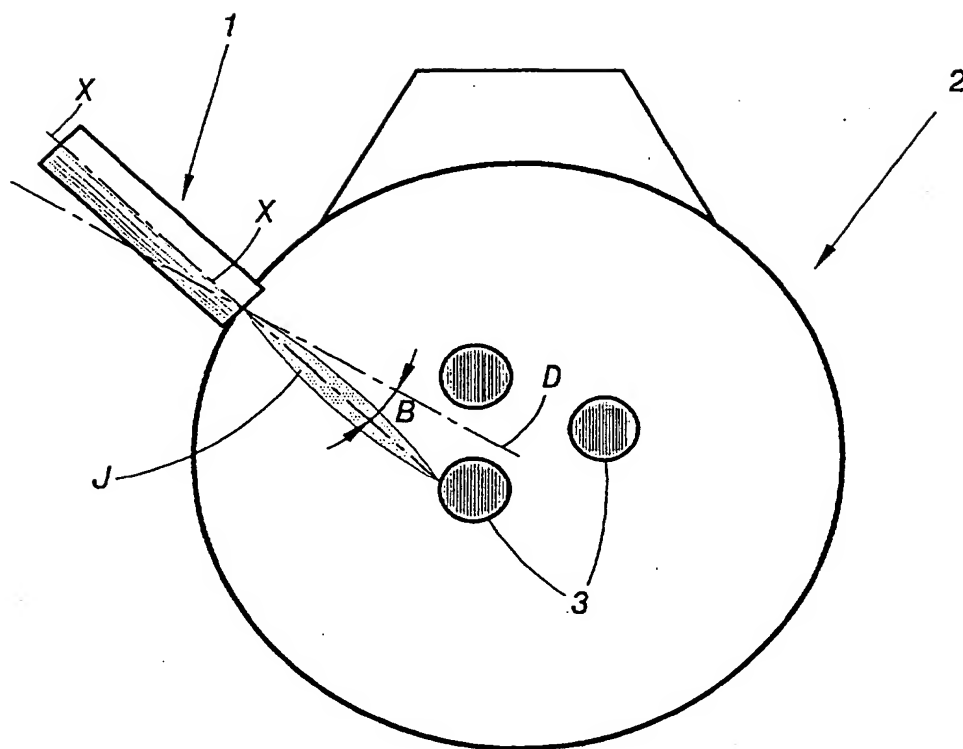
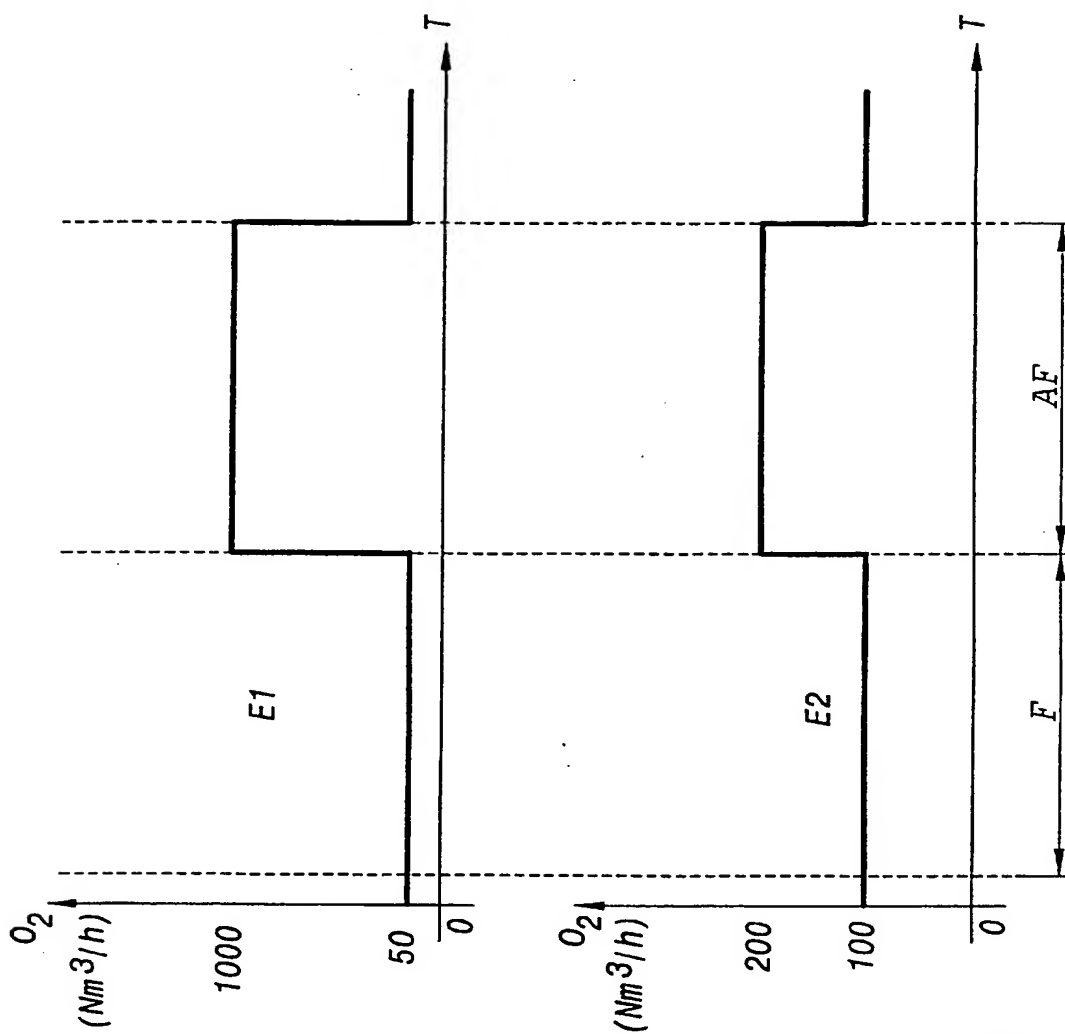
**FIG.1**

FIG. 2

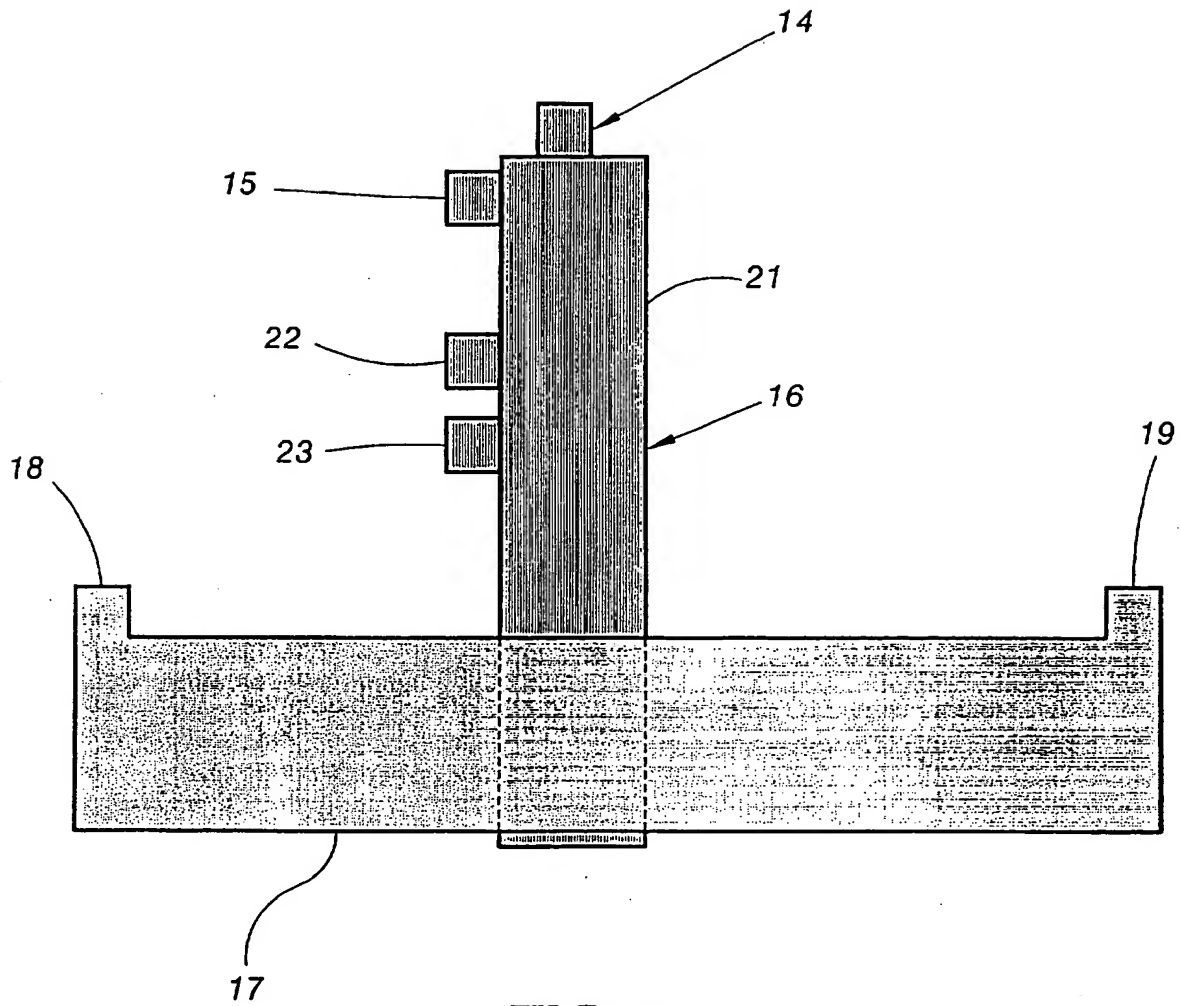
3/5

**FIG. 3**

4/5

**FIG.4**

5/5

**FIG. 5**

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 577730
FR 9910602

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	GB 1 021 855 A (THE BRITISH OXYGEN COMPANY) * page 3, ligne 13 - ligne 17; revendications; figure 1 * * page 2, ligne 1 - ligne 8 * * page 4, ligne 7 *	1,4,7,8, 11,12
X	US 4 434 005 A (P.METZ) 28 février 1984 (1984-02-28) * revendications; figures *	1,4,7,8, 10-12
X	US 4 432 534 A (HUGUES ZANETTA) 21 février 1984 (1984-02-21) * revendications; figures *	1,4,8, 10-12
X	EP 0 364 721 A (ARBED S.A) 25 avril 1990 (1990-04-25) * revendications; figures *	1,4,8, 10-12
A,D	EP 0 866 139 A (PRAXAIR TECH) 23 septembre 1998 (1998-09-23) * revendications; figures *	1-13
A	US 4 303 230 A (W.BLELOCH) 1 décembre 1981 (1981-12-01) * colonne 4, ligne 24 - ligne 28 *	1
A	US 5 374 297 A (M.R.SCHLICHTING) 20 décembre 1994 (1994-12-20) * revendications; figures *	
		</